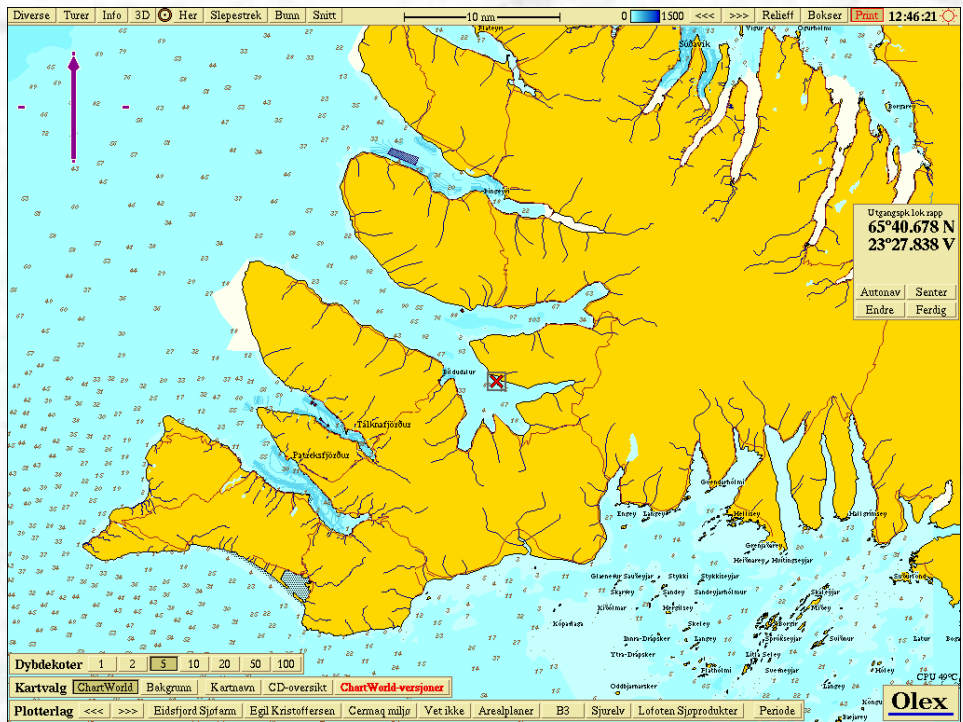


Arnarlax ASC- og C-undersøkelse Steinanes, 2017.



Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Framsenteret

9296 Tromsø

Tlf: 77 75 03 00, Fax: 77 75 03 01

www.akvaplan.niva.no

**Rapporttittel / Report title**

Arnarlax. ASC- og C-undersøkelse Steinanes, 2017.

Forfatter(e) / Author(s)Hans-Petter Mannvik
Steinar Dalheim Eriksen**Akvaplan-niva rapport nr / report no**

8951.01

Dato / Date

10.01.2018

Antall sider / No. of pages

20 + vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / ClientArnarlax hf.
465 Bildudal,
Island**Oppdragsg. referanse / Client's reference**

Þóra Dögg Jörundsdóttir

Sammendrag / Summary

Det er gjennomført en miljøundersøkelse på lokaliteten Steinanes i juni 2017. Oksygenforholdene var gode i hele vannsøylen ved lokaliteten. Sammenlignet med norske forhold var verdiene av normalisert TOC noe høye selv om sedimentene er forholdsvis finkornet. Det samme gjelder nivået av kobber i sedimentet. Eh-målingene i sedimentene viste negative verdier på alle stasjonene. Faunaen på stasjonene var arts- og individfattig og hadde meget lav diversitet ($H' < 1,5$). Det ble ikke registrert noen kjente forurensningsindikatorer, f. eks. børstemarken *Capitella capitata*, blant de mest dominante artene på noen av stasjonene.

Prosjektleder / Project manager

Handwritten signature of Steinar Dalheim Eriksen in black ink.

Steinar Dalheim Eriksen

Kvalitetskontroll / Quality control

Handwritten signature of Roger Velvin in black ink.

Roger Velvin

© 2017 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	2
1 OPPSUMMERING	3
1.1 Oppsummering av ASC-resultatene	3
1.2 Summary of the ASC results	4
1.3 Oppsummering av C-resultatene	5
1.4 Summary of the C results	6
2 INNLEDNING	7
2.1 Bakgrunn og formål.....	7
2.2 Drift	7
2.3 Tidligere undersøkelser	8
3 MATERIALE OG METODE.....	9
3.1 Faglig program	9
3.2 Valg av ASC-stasjoner og AZE.....	9
4 ASC-UNDERSØKELSE STEINANES	11
4.1 Resultater	11
4.1.1 Sedimentbeskrivelser og redoksmålinger (Eh).....	11
4.1.2 Kobber i sedimenter.....	11
4.1.3 Kvantitative bunndyranalyser	11
5 C-UNDERSØKELSE STEINANES	13
5.1 Innledning.....	13
5.2 Faglig program og stasjonsutvelgelse.....	13
5.3 Resultater	14
5.3.1 Hydrografi	14
5.3.2 TOC, TOM, TN, C/N, kornfordeling og pH/Eh.....	14
5.3.3 Kobber	15
5.3.4 Bløtbunnfauna	15
5.4 Sammenfattende vurderinger – C-undersøkelse.....	18
5.4.1 Sammenfatning	18
5.4.2 Konklusjon.....	19
6 REFERANSER.....	20
7 VEDLEGG	21
Vedlegg 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer brukt i Norge	21
Vedlegg 2. Prosedyre for beregning av AZE	24
Vedlegg 3. Bunndyrstatistikk og artslister	25
Vedlegg 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser.....	31

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført en miljøundersøkelse type ASC og C på lokaliteten Steinanes. C-undersøkelsen er utført etter i NS 9410:2016, og inngår som del av en forundersøkelse av ny lokalitet iht. kap. 5.0. Det er i den anledning satt en egen referansestasjon ca. 1 km unna anlegget. Undersøkelsene har inkludert pH/redoksmålinger (Eh), hydrografi, geokjemiske analyser og karakterisering av bløtbunnsamfunnet ved oppdrettslokaliteten. Resultatene fra alle stasjoner inngår i ASC-undersøkelsen og resultatet fra fem stasjoner inngår i C-undersøkelsen. Oppdrags giver har vært Arnarlax.

Følgende personer har deltatt:


Steinar D. Eriksen	Akvaplan-niva	Feltarbeid, rapport, prosjektleder.
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder). Rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Roger Velvin	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (Varia). KS rapport, faglige vurderinger og fortolkninger.
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepsdyr). Statistikk.
Thomas Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (bløtdyr).
Vera Remen	Akvaplan-niva	Koordinering av bunndyrsortering.
Ingar H. Wasbotten	Akvaplan-niva	Koordinering av geokjemiske analyser.

Akvaplan niva vil takke Arnarlax, Gaute Hilling, for godt samarbeid.

Akkreditert virksomhet:

Undersøkelsen er utført av Akvaplan-niva AS med følgende underleverandører

- ALS Laboratory Group, Tsjekkia

 <p>NORSK AKKREDITERING TEST 079</p>	<p>Akvaplan-niva AS er akkreditert av Norsk Akkreditering for feltinnsamlinger av sediment og fauna, analyser av TOC, TOM, TN, kornstørrelse, makrofauna og faglig vurderinger og fortolkninger, akkrediteringsnr. TEST 079.</p> <p>Akkrediteringen er i hht. NS-EN ISO/IEC 17025.</p>
<p>Czech Accreditation Institute (Lab nr 1163)</p>	<p>ALS Laboratory Group er akkreditert av Czech Accreditation Institute (Lab nr 1163) for analyser av kobber.</p>

Tromsø, 10.01.2018



Steinar Dalheim Eriksen

Prosjektleder

1 Oppsummering

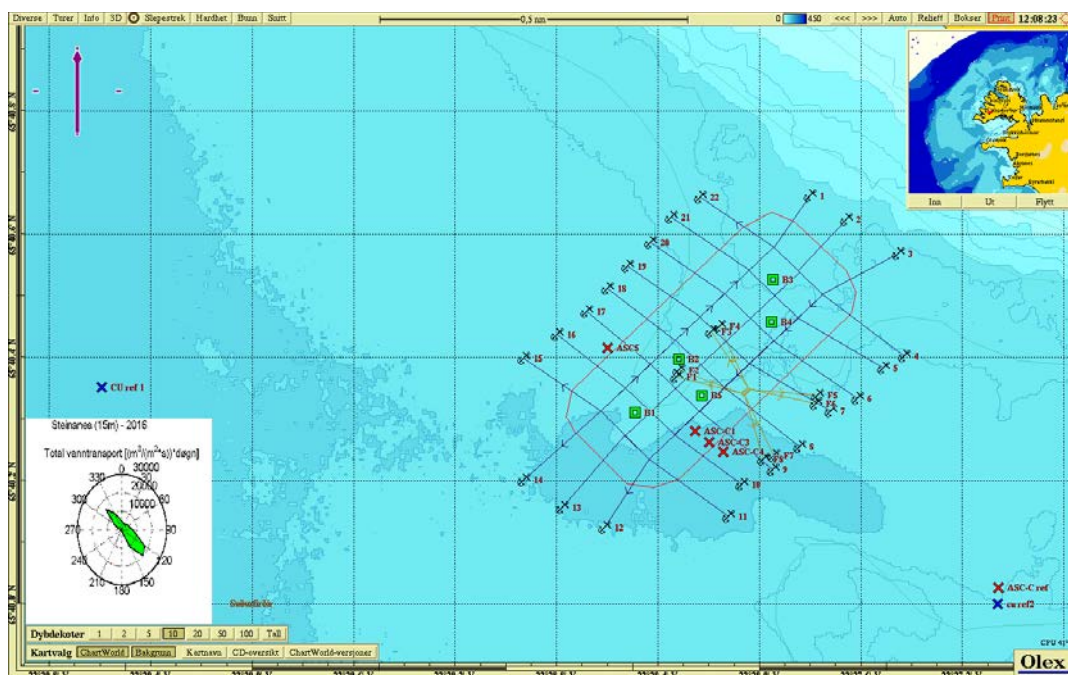
1.1 Oppsummering av ASC-resultatene

Indikator i ASC	ASC krav	Resultater							Kommentarer til prøvetaking
		St 1	St 2	St 3	St 4	St 5	Cu1	Cu2	
2.1.1	Redox >0 mV eller sulphid level < 1500 microMol/L	-95	-90	-80	-45	-110	-	-	
2.1.2	«Faunal index score» utenfor AZE indikerer god til svært god økologisk status – Shannon-Wiener > 3	1,25	1,46	1,10	1,21	1,29	-	-	
2.1.3	>= 2 taksa av makrofauna innenfor AZE som ikke er forurensingsindikatorer, med en tilstedeværelse på over 100 ind/m ²	1		1					
4.7.4	Kobbernivå < 34 mg/kg tørrstoff	-	46,8/ 47,0	-	50,1/ 49,9	51,9/ 49,4	51,5/ 51,8	46,8/ 47,0	
2.1.4	Lokalspesifikk AZE	Se kapt. 3.2.							

Konklusjoner:

Kobberkonsentrasjonene var høye og over 34 mg/kg i alle undersøkte sedimenter. Redokspotensialene (Eh) var negative i sedimentene. Artsmangfoldet var lavt i bløtbunnsamfunnet fra alle stasjonene med diversitetsindeks $H' < 3$. En vurdering av bløtbunnsamfunnet i anleggssonen/AZE (stasjon 1 og 3) i henhold til ASC-standarden viste at det ikke fantes to eller flere arter, som ikke var forurensningsindikator (pollution indicator species) med 100 eller flere individer/m². En vurdering av faunaen på stasjonene innenfor AZE iht. NS 9410:2016 viste miljøtilstand 2 for begge bløtbunnsamfunnene.

En oversikt over anlegget med stasjoner og AZE-sone inntegnet (rød linje) er vist i figuren under.



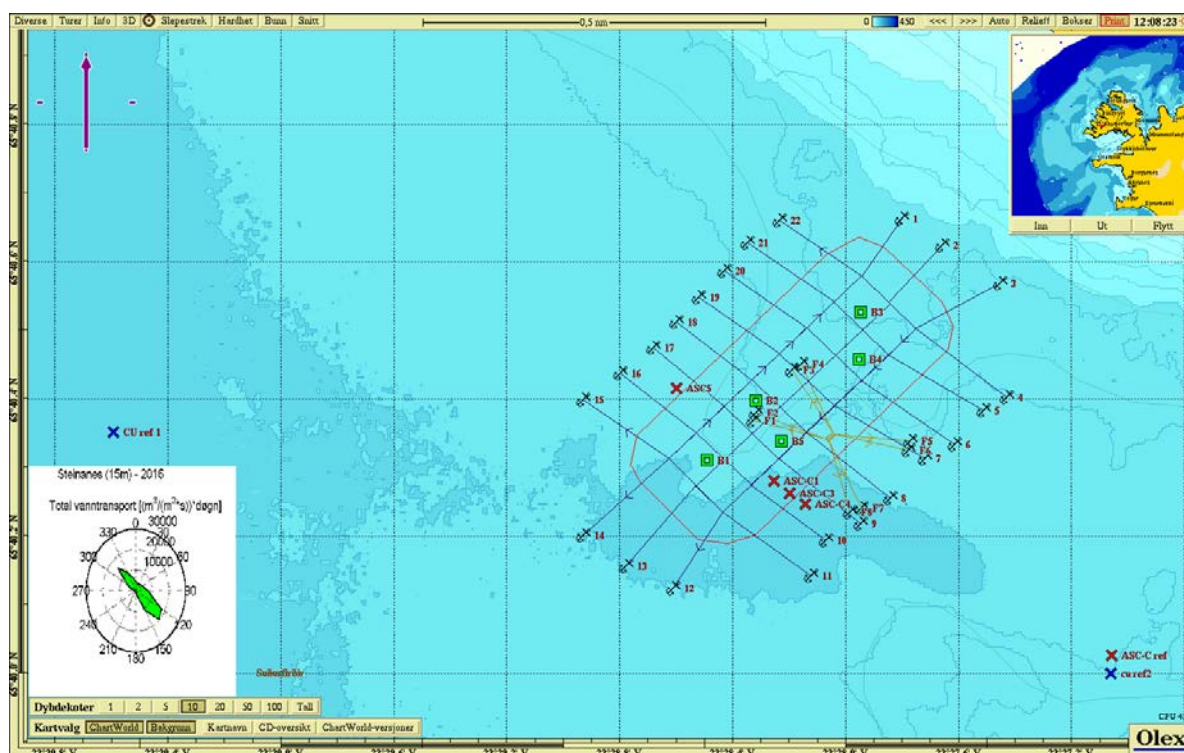
1.2 Summary of the ASC results

Indicator in ASC	ASC demand	Results							Remarks of the sampling
		St 1	St 2	St 3	St 4	St 5	Cu1	Cu2	
2.1.1	Redox >0 mV or sulphide level < 1500 microMol/L	-95	-90	-80	-45	-110	-	-	
2.1.2	«Faunal index score» outside AZE indicates good to very good ecological status – Shannon-Wiener > 3	1.25	1.46	1.10	1.21	1.29	-	-	
2.1.3	>= 2 macro faunal taxa within AZE which are not pollution indicators, with more than 100 ind/m ² present	1		1					
4.7.4	Copper level < 34 mg/kg dry sediment	-	46.8/ 47.0	-	50.1/ 49.9	51.9/ 49.4	51.5/ 51.8	46.8/ 47.0	
2.1.4	Location specific AZE	See chapter 3.2.							

Conclusions:

The copper level was high and above 34 mg/kg in all the sediments. The redox potential (Eh) was negative in the sediments. The faunal diversity was low at all stations with the diversity index $H' < 3$. An evaluation of the faunal community within the AZE (stations 1 and 3) in accordance to the ASC standard showed that there were not two or more species, which were not pollution indicator species, present with 100 or more individuals/m². An evaluation of the fauna at the stations within the AZE, in accordance with NS 9410:2016, gave an environmental classification of 2 for both communities.


An overview of the location of the stations and the AZE zone (red line) is shown in the figure below.



1.3 Oppsummering av C-resultatene

Informasjon oppdragsgiver			
Tittel :	C-undersøkelse Steinanes, 2017.		
Rapport nr.	8951.01	Lokalitet:	Steinanes
Lokalitet nr.	xxxxx	Kartkoordinater (anlegg):	65°40.396° N, 23°28.209 V.
MTB-tillatelse:	Område MTB	Kontaktperson:	Þóra Dögg Jörundsdóttir
Oppdragsgiver:	Arnarlax hf.		


Biomasse/produksjonsstatus ved undersøkelsesdato 27.06.2017			
Fiskegruppe:	Ingen	Biomasse ved undersøkelse:	Ingen
Utfôret mengde:	Ingen	Produsert mengde:	Ingen
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maks biomasse:		Oppfølgende undersøkelse:	
Brakklegging:		Ny lokalitet:	x

Resultat fra C undersøkelse /NS 9410 (2016) - Hovedresultat bløtbunnfauna			
Faunaindeks nEQR		Diversitetsindeks H' (Shannon Wiener)	
Fauna C1/ASC1	0,443	Fauna C1/ASC1	1,25
Fauna C2/ASCref2	0,446	Fauna C2/ASCref2	1,46
Fauna C3/ASC3	0,447	Fauna C3/ASC3	1,10
Fauna C4/ASC4	0,447	Fauna C4/ASC4	1,21
Fauna ASC5	0,469	Fauna ASC5	1,29
Dato feltarbeid:	27.06.2017	Dato rapport:	10.01.2018
Merknader til andre resultater (sediment, pH/Eh, oksygen)			TOC fra 17,9 (C2) til 32,0 mg/g TS (C3) Kobber 50,1 mg/kg TS (C4) Eh negativ på alle stasjoner O ₂ -forholdene gode i hele vannsøylen.
Ansvarlig feltarbeid:	Steinar Dalheim Eriksen	Signatur:	

1.4 Summary of the C results

Client information			
Title :	C-undersøkelse Steinanes, 2017.		
Report nr.	8951.01	Location:	Steinanes
Location nr.	xxxxx	Map coordinates (construction):	65°40.396° N, 23°28.209 V.
MTB-permission:	Area production/None	Operations manager:	Þóra Dögg Jörundsdóttir
Client:	Arnarlax hf		

Biomass/production status at date of investigation field date			
Fish group:	None	Biomass on examination:	None
Feed input:	None	Produced quantity:	None
Type/tidspunkt for undersøkelse			
Maximum biomass		Follow up study:	
Fallow:		New location:	x

Results from C study /NS 9410 (2016) - Main result soft bottom fauna			
Faunal index nEQR		Diversity index H' (Shannon Wiener)	
Fauna C1/ASC1	0.443	Fauna C1/ASC1	1.25
Fauna C2/ASCref2	0.446	Fauna C2/ASCref2	1.46
Fauna C3/ASC3	0.447	Fauna C3/ASC3	1.10
Fauna C4/ASC4	0.447	Fauna C4/ASC4	1.21
Fauna ASC5	0.469	Fauna ASC5	1.29
Date fieldwork:	27.06.2017	Date of report:	10.01.2018
Notes to other results (sediment, pH/Eh, oxygen)			TOC from 17,9 (C2) to 32,0 mg/g DS (C3) Copper 50,1 mg/kg DS (C4) Eh negative at all stations O ₂ -conditions good throughout the water column.
Responsible for fieldwork:	Steinar Dalheim Eriksen	Signature:	

2 Innledning

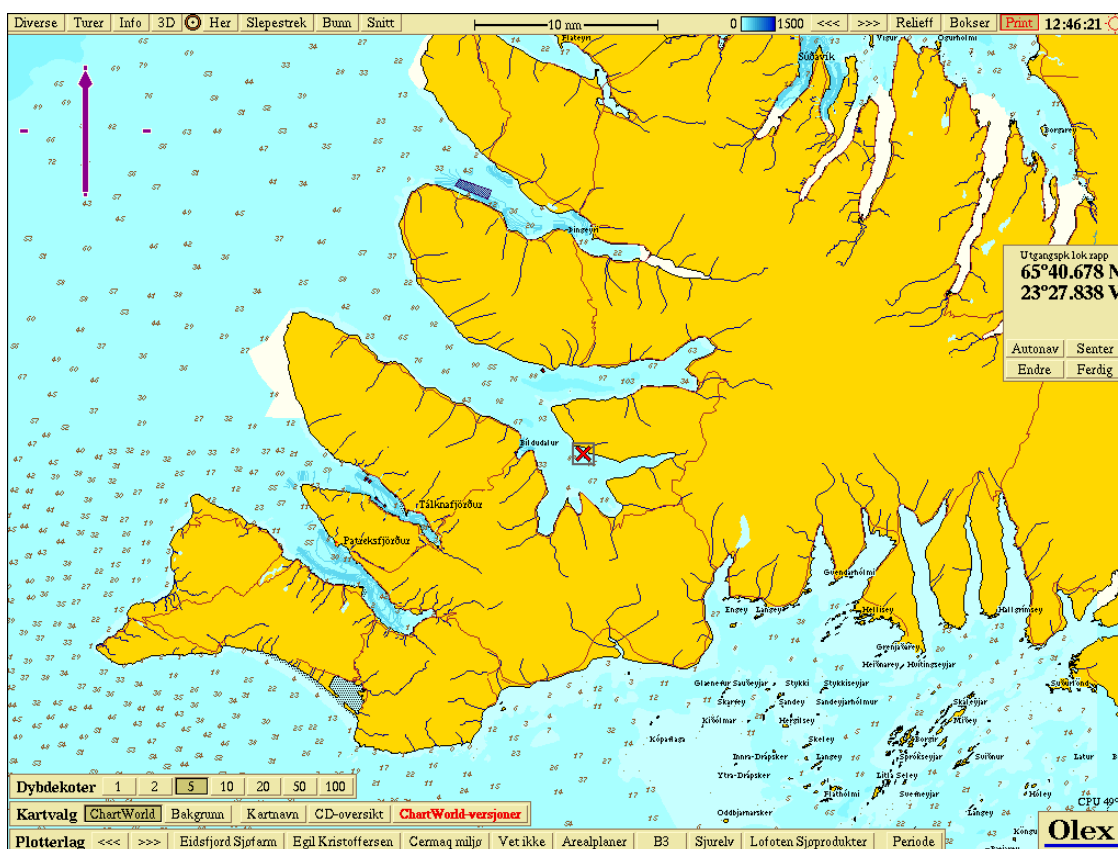
2.1 Bakgrunn og formål

Akvaplan-niva har på vegne av Arnarlax gjennomført en ASC-undersøkelse og C-undersøkelse på lokalitet Steinanes i Arnarfjordur, nordvest på Island (Figur 1).

Undersøkelsen er utført med bakgrunn i at Arnarlax ønsker å sertifisere den nyetablerte lokaliteten Steinanes i henhold til Aquaculture Stewardship Council (ASC-standarden). Det er samtidig foretatt en miljøundersøkelse iht. kap 5.0 i NS 9410:2016. Denne følger C-metodikk og inngår i lokalitetens forundersøkelse før ny etablering.

Undersøkelsen følger metodikken for miljøundersøkelse beskrevet i ISO 16665:2014, ISO 5667-19:2004 og ASC Salmon Standard. Denne rapporten er utarbeidet for å kunne tilfredsstillere kravene fra Aquaculture Stewardship Council (ASC). Prøvetakingsstasjonene er valgt på bakgrunn av resultater fra tidligere strømmålinger gjennomført på 15 meters dyp i anledning lokalitetsundersøkelser, samt bunntopografisk kartlegging ved bruk av Olex.

Metodene ved prøvetaking og analyser oppfyller også krav stilt i ISO 12878. Undersøkelsen er også utført etter overvåkingsplan (sent til Umhverfisstofnun) for å tilfredsstillere krav i lokalitetstillatelse fra Islandske myndigheter.



Figur 1. Oversiktskart over Arnarfjordur med plassering av lokaliteten Steinanes (rødt kryss). Koordinater for anleggets område er angitt i bildets høyre kant.

2.2 Drift

Lokaliteten er etablert sommeren 2017. På undersøkelsestidspunktet var anlegget ennå ikke tatt i bruk, og anleggets bunnområder forventes være uberørt og i normaltstand for området. På Island gis ikke lokalitetene særlig MTB-grense (maksimal tillatt biomasse) slik som i Norge. MTB-grense bestemmer hvor mye levende fisk innehaveren av tillatelsen kan ha stående i sjøen

til enhver tid. MTB reguleres på to nivå; lokalitetsnivå og selskapsnivå. Arnarlax er tildelt en MTB på selskapsnivå de kan produsere i flere anlegg i Arnarfjordur. Det har ikke vært drift på lokaliteten. Denne studien er foretatt ut fra selskapets planlagte produksjon på lokaliteten. Antall prøvestasjoner er foretatt etter en biomasse på 6100 tonn.

Planlagte biomasse i for lokaliteten gjennom hele driftsperiode 2017 og 2018 er vist i (Tabell 1).

Tabell 1 Planlagt biomasse (kg) ved lokaliteten Steinanes. Figuren er innhentet fra oppdragsgiver

Arnarlax hf	År	Måned	Steinanes
	2017	mai.17	0
	2017	jun.17	197 403
	2017	jul.17	351 125
	2017	aug.17	606 536
	2017	sep.17	926 175
	2017	okt.17	1 237 478
	2017	nov.17	1 474 325
	2017	des.17	1 643 555
	2018	jan.18	1 823 335
	2018	feb.18	1 986 276
	2018	mar.18	2 178 940
	2018	apr.18	2 402 646
	2018	mai.18	2 862 352
	2018	jun.18	3 609 367
	2018	jul.18	4 603 761
	2018	aug.18	5 654 136
	2018	sep.18	5 969 019
	2018	okt.18	5 493 869
	2018	nov.18	5 733 480
	2018	des.18	6 109 144

2.3 Tidligere undersøkelser

Akvaplan-niva AS har ikke foretatt tidligere miljøundersøkelser i området der anlegget ligger. Det er heller ikke fra oppdragsgiver fremlagt tilsvarende lokalitetsspesifikke undersøkelser. Det er foretatt andre perifere undersøkelser i Arnarfjordur, men ikke tilknyttet Steinanes. Perifere undersøkelser vil ikke ha direkte relevans for resultater for videre oppfølging av denne lokaliteten.

3 Materiale og metode

3.1 Faglig program

Valg av undersøkelsesparametere, stasjonsplasseringer og type innsamlingsprogram for bunnprøvetakinger og andre registreringer er gjort i henhold til ASC-standarden og NS 9410 (C-undersøkelser). En oversikt over planlagt faglig program er gitt i Tabell 2.

For gjennomføring og opparbeiding er gjeldende standarder og kvalitetssikringssystemer benyttet (se Vedlegg 1 og 2).

Tabell 2. Planlagt faglig program for ASC- og C-undersøkelsen ved Steinanes, 2017. TOC = total organisk karbon. Korn = kornfordeling. TOM = total organisk materiale. TN = total nitrogen. Cu = kobber. pH/Eh = surhetsgrad og redokspotensial. C1, C2, C3, C4 og ASC5 inngår også i C-undersøkelsen.

Stasjon	Type undersøkelse
C1/ASC1 (anleggssone, innenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. Cu. pH/Eh.
C2/ASCref2 (overgangssone, fjernstasjon utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh.
C3/ASC3 (overgangssone, utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh.
C4/ASC4 (overgangssone, dypområdet, utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. Hydrografi/O ₂ . pH/Eh.
ASC5 (anleggssone, utenfor AZE)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
Cu1 (referansestasjon ASC)	2 x Cu.
Cu2 (referansestasjon ASC)	2 x Cu.

Feltarbeidet ble gjennomført 27.06.2017.

3.2 Valg av ASC-stasjoner og AZE

ASC-standarden åpner for at en anleggsspesifikk AZE kan avgrenses til andre avstander enn 30 meter rundt anlegget (site-specific AZE, se pkt. 2.1.4. i «audit manual»). En AZE på 30 m kan av tekniske og fysiske årsaker vanskelig praktiseres på denne lokaliteten. Prosedyre for beregning av lokalitetsspesifikk AZE er vist i Vedlegg 2. Ut fra målt strøm på lokaliteten og dybde under denne, er AZE grense satt til 100 meter for denne lokaliteten.

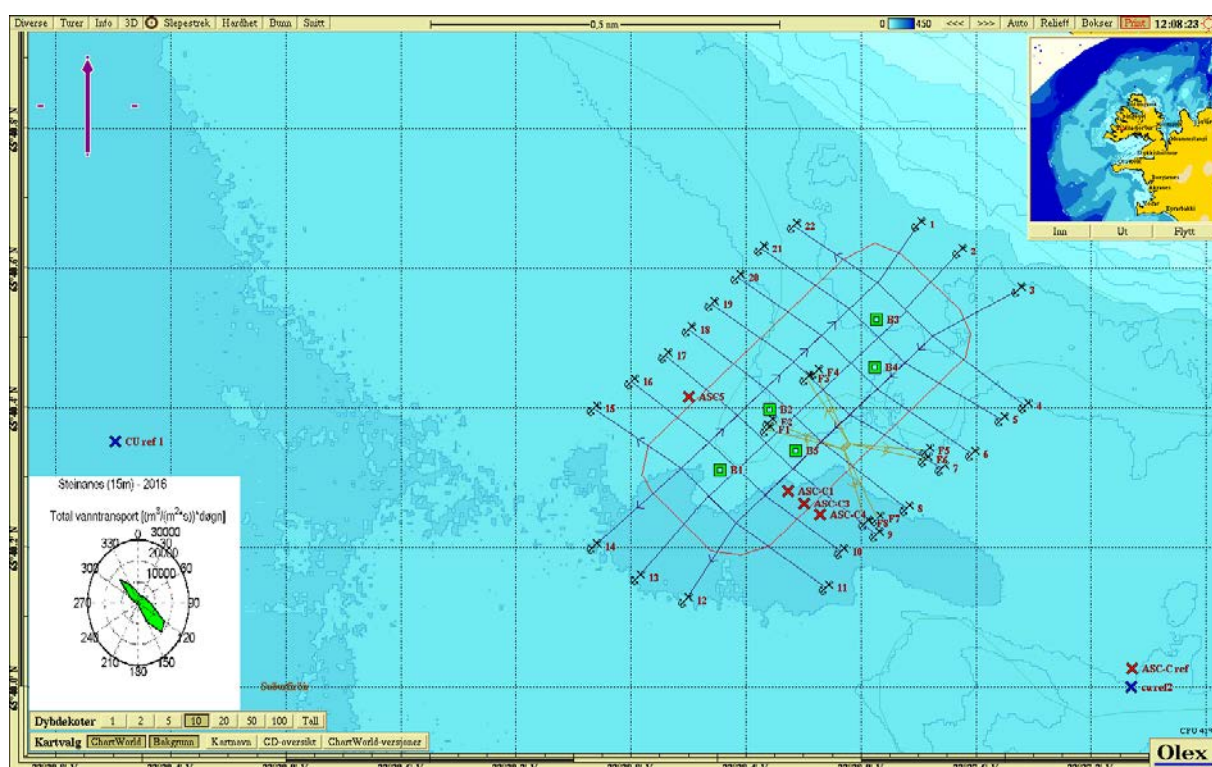
Med bakgrunn i prøvetakingsystem i punkt 2.1 i ASC «audit manual» («request to allow for sampling at different locations and/or changes in total number of samples») er det brukt fem biologiske prøvetakingsstasjoner.

Stasjonsposisjonene er gjort på bakgrunn av strømmålinger gjennomført av Akvaplan-niva AS på 15 meters dyp ved lokaliteten (Eriksen og Gunnarsson, 2016). Det er spredningsstrøm som skal legges til grunn for stasjonsplasseringer. Siden dette ikke foreligger ennå, er foretatte målinger på 5 og 15 meter vurdert og ansett tilstrekkelig relevante, men selskapet er kjent med at spredningsstrøm må kartlegges for senere undersøkelser og oppfølging.

Koordinater, dyp og stasjonsnett for prøvetaking er vist i Tabell 3 og Figur 2.

Tabell 3. Avstand mellom nærmeste merd og prøvetakingspunkt. Stasjonskoordinater og dyp, ASC-stasjonene ved Steinanes, 2017. C1, C2, C3, C4 og ASC5 inngår også i C-undersøkelsen.

Stasjon	Avstand fra nærmeste merd (m)	Stasjonsdyp (m)	Posisjon
C1/ASC1	30	91	65°40,282 N 23°28,281 V
C2/ASCref2	1000	82	65°40,035 N 23°27,111 V
C3/ASC3	90	92	65°40,255 N 23°28,245 V
C4/ASC4	142	94	65°40,238 N 23°28,157 V
ASC5	130	85	65°40,407 N 23°28,618 V
Cu1	1480	92	65°40,330 N 23°30,636 V
Cu2	1000	82	65°40,035 N 23°27,111 V



Figur 2. Stasjonskart, ASC Steinanes, 2017. Grense for AZE inntegnet som rød linje med avstand på 100 m fra rammen til anlegget. Strøm er målt på 15 meters dyp.

4 ASC-undersøkelse Steinanes

4.1 Resultater

4.1.1 Sedimentbeskrivelser og redoksmålinger (Eh)

Tabell 4 viser sedimentbeskrivelsene og resultatene redoksmålingene på stasjonene. Eh viste negative verdier på alle stasjonene.

Tabell 4. Sedimentbeskrivelse og redoks-målinger (Eh). ASC-stasjoner Steinanes, 2017.

St.*	Sedimentbeskrivelse	Eh
C1/ASC1	Full grabb, Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Noe knuste skjell med innslag av vulkansk stein	7,7/-95
C2/ASCref2	Full grabb, Olivengrønn leire med noe sverting, ingen lukt. mye knuste skjell i prøve	7,6/-90
C3/ASC3	Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Mye knuste skjell/skjellsand med innslag av vulkansk stein/grov sand	7,7/-80
C4/ASC4	Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Mye knuste skjell/skjellsand med innslag av vulkansk stein/grov sand	7,6/-45
ASC5	Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Mye knuste skjell/skjellsand med innslag av stein/grov sand	7,7/-110

4.1.2 Kobber i sedimenter

Kobbernivåene i sedimentene er vist i Tabell 5. Kobberkonsentrasjonene var gjennomgående høye og over 34 mg/kg TS i alle undersøkte sedimenter. Det ble ikke målt kobber i sedimenter fra C1/ASC1 og C3/ASC3.

Tabell 5. Kobber (Cu), mg/kg TS. ASC Steinanes, 2017.

St.	Cu
C1/ASC1-1	Ikke målt
C1/ASC1-2	Ikke målt
C2/ASCref2-1	46,8
C2/ASCref2-2	47,0
C3/ASC3-1	Ikke målt
C3/ASC3-2	Ikke målt
C4/ASC4-1	50,1
C4/ASC4-2	49,9
ASC5-1	51,9
ASC5-2	49,4
Curef1-1	51,5
Curef1-2	51,8
Curef2-1	46,8
Curef2-2	47,0

4.1.3 Kvantitative bunndyranalyser

4.1.3.1 Artsmangfold – Shannon Wiener diversitetsindeks (H').

Diversitetsindeksen Shannon-Wiener (H') for bløtbunnsamfunnene er presentert i Tabell 6. Her vises også antall arter og individer på hver av stasjonene. De øvrige faunaindeksene finnes i Vedlegg 3.

Antall individ varierte fra 55 til 137 og antall arter fra 6 til 10. Diversiteten H' var lav og under 3 på alle stasjonene.

Tabell 6. Antall arter og individer pr. 0,2 m². H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ASC-stasjoner ved Steinanes, 2017.

St.*	Individtall	Ant arter	H'
C1/ASC1	55	6	1,25
C2/ASCref2	137	9	1,46
C3/ASC3	102	9	1,10
C4/ASC4	77	8	1,21
ASC5	79	10	1,29

4.1.3.2 ASC vurdering av bunndyrsamfunnet på C1 og C3 ved anlegget

Under er det gjort en vurdering av hvorvidt bløtbunnsamfunnene på begge anleggssonestasjonene innenfor AZE (stasjon 1 og 4) oppfylte følgende krav fra ASC-standarden:

"2 highly abundant* taxa that are not pollution indicator species"

*Highly abundant: Greater than 100 organisms per square meter (or equally high to reference site (S) if abundance is lower than this level)

I Rygg og Norling (2013) inndeles artene i økologiske grupper basert på verdien av sensitivitetsindeksene. Forurensningsindikatorer (pollution indicator species) er klassifisert i økologisk gruppe V. Resultatet er vist i Tabell 7.

Det var en art med mer enn 100 individ/m² tilstede på begge stasjonene. Dette er en nøytral børstemarkart.

Tabell 7. Taksa med flere enn 100 individer per m² på C1 og C3, Steinanes, 2017.

Stasjon	Taksa	Antall per 0,2 m ²	Antall per m ²	NSI Økologisk gruppe*
C1	Prionospio steenstrupi	41	205	II
C3	Prionospio steenstrupi	81	405	II

*Økologiske grupper: I = sensitive arter. II = nøytrale arter. III = tolerante arter. IV = opportunistiske arter.

V = forurensningsindikatorer (pollution indicator species). Fra Rygg og Norling, 2013. Ik = ikke kjent økologisk gruppe.

4.1.3.3 NS 9410 Vurdering av bunndyrsamfunnene i anleggssonen/AZE.

I følge NS 9410 kan klassifisering av miljøtilstanden i anleggssonen også baseres på antallet arter vurdert mot dominansforhold i bunndyrsamfunnet (se kap. 8.6.2 i NS 9410:2016).

Bløtbunnsamfunnene på stasjon C1 og C3 ble klassifisert til miljøtilstand 2 "God" (Tabell 8). Kriteriet for karakterisering til miljøtilstand 2 er tilstedeværelse av 5 – 19 arter og minst 20 individer, hvorav ingen skal utgjøre mer enn 90 % av individene.

Tabell 8. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet på stasjon C1 og C3 (anleggssonen/AZE) i hht. NS 9410:2016 ved lokaliteten Steinanes, 2017.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa - %	Miljøtilstand-NS 9410
C1	Steinanes	6	Prionospio steenstrupi - 75 %	2 - God
C3	Steinanes	9	Prionospio steenstrupi – 79 %	2 - God

5 C-undersøkelse Steinanes

5.1 Innledning

C-undersøkelsen er en undersøkelse av bunntilstanden fra anlegget (anleggssonen) og utover i resipienten (fjernsonen). Hoveddelen er en undersøkelse av bunnfaunaen på bløtbunn, som gjennomføres i henhold til ISO 5567-19:2004 og ISO 16665:2014. De obligatoriske parametere som skal undersøkes er gitt i en oversikt i NS 9410:2016.

Det er ikke utviklet klassifiseringsgrenser for denne type undersøkelser ved kysten av Island og klassifisering av sediment- og faunatilstand tilsvarende det som utføres i Norge er derfor ikke utført. Imidlertid er resultater med de samme indeksene som brukes i Norge gitt her, men det gjøres oppmerksom på at noen av disse (f. eks. NSI) er utviklet for norske forhold. For nærmere beskrivelse av indeksene vises det til Vedlegg 3 og Miljødirektoratets Veileder 02:2013.

5.2 Faglig program og stasjonsutvelgelse

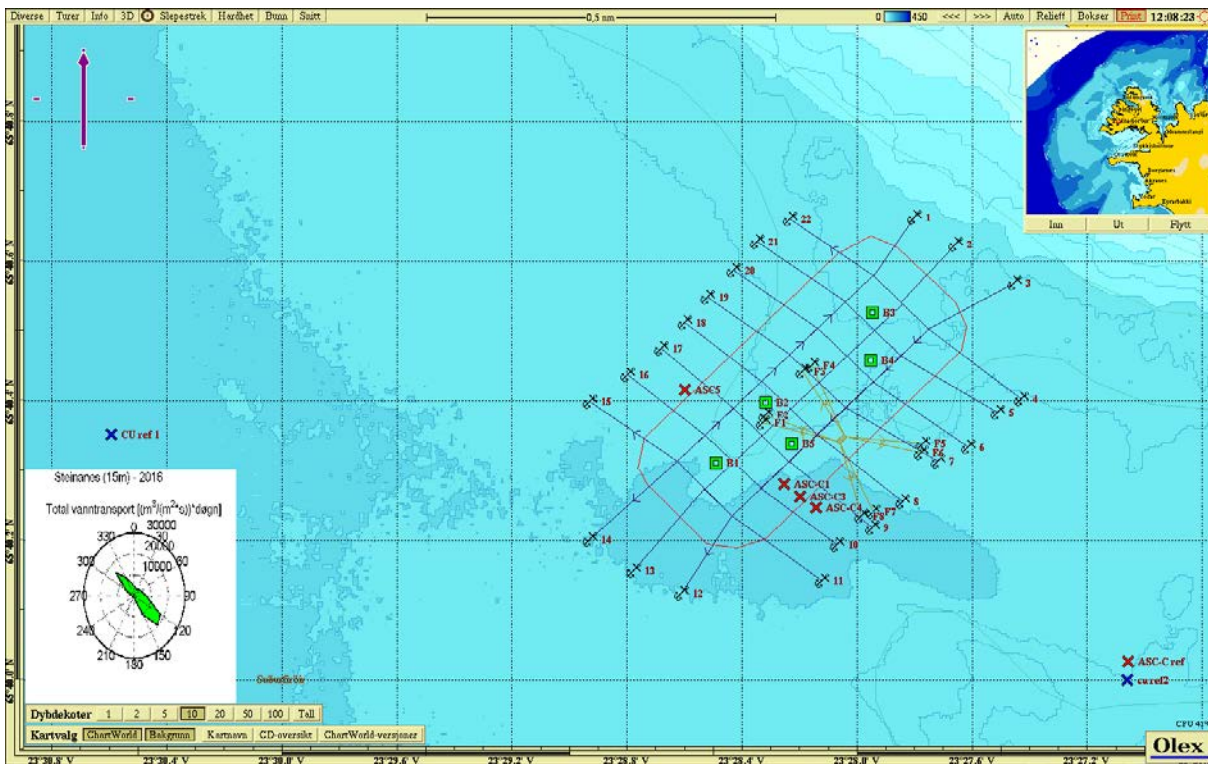
Det faglige programmet følger anbefalinger gitt i NS 9410:2016 for C-undersøkelser (Tabell 9). Antall stasjoner er gitt med bakgrunn i lokalitetens planlagte produksjon i 2018, som er 6100 tonn. Standarden krever da ved forundersøkelse minst tre stasjoner, samt på en referansestasjon 1 km unna. I tillegg har vi satt ekstra stasjoner for å kartlegge området iht. forventet produksjon, og som for ettertid skal danne grunnlag for fremtidig overvåkning. Totalt 5 stk. C-stasjoner. Stasjonsdyp og posisjoner er vist i Figur 3. Stasjonene er plassert i henhold til hovedstrømretning som er målt på 15 meter (Eriksen og Gunnarsson, 2016). Det er spredningsstrøm som skal legges til grunn for stasjonsplasseringer. Siden dette ikke foreligger ennå, er foretatte målinger på 5 og 15 meter vurdert og ansett tilstrekkelig relevante for denne undersøkelsen, men selskapet er kjent med at spredningsstrøm må kartlegges for senere undersøkelser og oppfølging.

Tabell 9. Planlagt faglig program for C-undersøkelsen ved Steinanes, 2017. TOC = total organisk karbon, Korn = kornfordeling, TOM = Totalt organisk materiale, TN = Totalt nitrogen, Cu = kobber, pH/Eh = surhetsgrad og redokspotensial.

Stasjon	Type undersøkelse
C1	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.
C2	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. pH/Eh.
C3	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x. pH/Eh.
C4	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. 2 x Cu. Hydrografi/O ₂ . pH/Eh.
ASC5	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn. TOM. TN. pH/Eh.

Tabell 10. Stasjonsdyp og -koordinater, C-stasjonene ved Steinanes, 2017.

Stasjon	C1	C2	C3	C4	ASC5
Dyp (m)	91	82	92	94	85
GPS	65°40,282 N 23°28,281 V	65°40,035 N 23°27,111 V	65°40,255 N 23°28,245 V	65°40,238 N 23°28,157 V	65°40,407 N 23°28,618 V
Avstand til merd (m)	30	1000	90	142	130

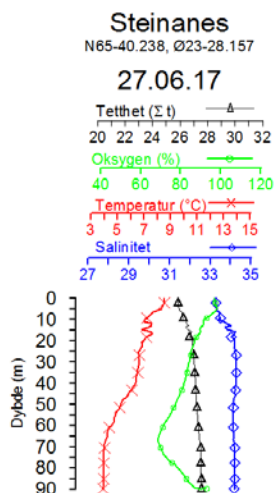


Figur 3. Stasjonskart, C-undersøkelse Steinanes, 2017. Strøm er målt på 15 m dyp. ASC-Cref = C2

5.3 Resultater

5.3.1 Hydrografi

Den hydrografiske vertikalprofilen for C4 i juni 2017 er vist i Figur 4. Temperaturen sank jevnt fra litt over 8 °C i overflaten til 4 °C ved 70 m dyp og holdt seg der ned mot bunnen. Oksygenmetningen sank også jevnt fra 97 % i overflaten til 68 % ved 70 m dyp og steg deretter igjen til 87 % ved bunnen.



Figur 4. Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på C4 ved Steinanes, 2017.

5.3.2 TOC, TOM, TN, C/N, kornfordeling og pH/Eh

Nivåer av total organisk materiale (TOM), total organisk karbon (TOC), total nitrogen (TN), C/N-forholdet, kornfordeling og pH/Eh i sedimentene er presentert i Tabell 11.

Nivåene av TOM varierte mellom 11,4 (ASC5) og 13,4 % (C3), TOC mellom 17,9 (C1) og 32,0 mg/g TS (C3) og normalisert TOC med verdier mellom 23,7 og 34,5. TN-nivåene var lave

og det samme var C/N-forholdene på stasjonene. Sedimentene var moderat til meget finkornet med pelittandeler mellom 67,6 og 89,8 %.

Eh-verdiene var negative i sediment på alle stasjonene.

Tabell 11. Sedimentbeskrivelse, TOM (%), TOC(mg/g), TN (mg/g), C/N, kornfordeling (pelittandel % <0,063 mm) og pH/Eh. Steinanes, 2017.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOM	TOC	nTOC*	TN	C/N	Pelitt	pH/Eh
C1	Full grabb, Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Noe knuste skjell med innslag av vulkansk stein	12,3	29,6	31,5	4,75	6,2	89,8	7,7/-95
C2	Full grabb, Olivengrønn leire med noe sverting, ingen lukt. mye knuste skjell i prøve	11,5	17,9	23,7	2,19	8,2	67,6	7,6/-90
C3	Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Mye knuste skjell/skjellsand med innslag av vulkansk stein/grov sand	13,4	32,0	33,9	5,37	5,9	89,3	7,7/-80
C4	Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Mye knuste skjell/skjellsand med innslag av vulkansk stein/grov sand	13,1	30,2	33,5	4,77	6,3	81,4	7,6/-45
ASC 5	Olivengrønn og sort leire, ingen lukt. Mye knuste skjell/skjellsand med innslag av stein/grov sand	11,4	29,1	34,5	4,91	5,9	69,9	7,7/-110

* Tilstandsklassifisering (SFT - Molvær m.fl., 1997) basert på TOC forutsetter at konsentrasjonen av TOC i sedimentet standardiseres for teoretisk 100% finstoff (pelitt < 0.063 mm) iht. til formelen: Normalisert TOC = målt TOC + 18 x (1-F), hvor F er andel av finstoff (Aure m.fl., 1993).

5.3.3 Kobber

Det ble ikke målt kobber i sediment fra C1 eller C3. Kobbernivået på stasjon C4, som da ble nærmeste stasjon, er presentert i Tabell 12 og var 50,1 mg/kg TS.

Tabell 12. Sedimentanalyser. Kobber (Cu) i mg/kg TS. Stasjon C4 ved Steinanes, 2017.

St.	Cu
C4	50,1

5.3.4 Bløtbunnsfauna

5.3.4.1 Faunaindekser og økologisk tilstandsklassifisering

Resultatene fra de kvantitative bunndyrsanalysene på C-stasjonene er presentert i Tabell 13. Faunaindeksen nEQR i tabellen er presentert uten tetthetsindeksen DI etter anbefaling fra Miljødirektoratet.

Antall individ varierte fra 55 til 137 og antall arter fra 6 til 10. Diversitetsindeksen H' var lav og under 1,5 på alle stasjonene. Også forventet antall arter/100 individ var lavt på stasjonene.

J (Pielous jevnhetsindeks) er et mål på hvor likt individene er fordelt mellom artene, og vil variere mellom 0 og 1. En stasjon med lav verdi har en "skjev" individfordeling mellom artene, og indikerer at bunndyrssamfunnet er forstyrret. Fordelingen var noe til moderat ujevn på stasjonene med verdier mellom 0,43 og 0,59.

Tabell 13. Antall arter og individer pr. 0,2 m². H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES₁₀₀ = Hurlberts diversitetsindeks. NQII = sammensatt indeks (diversitet og ømfintlighet). ISI₂₀₁₂ = ømfintlighetsindeks. NSI = sensitivitetsindeks. J = Pielous jevnhetsindeks. AMBI = ømfintlighetsindeks (inngår i NQII). nEQR = normalisert EQR (ekskl. DI). DI = tetthetsindeks. C-stasjoner ved Steinanes, 2017.

St.	Ant. ind.	Ant. arter	H'	ES ₁₀₀	NQII	ISI ₂₀₁₂	NSI	nEQR	DI	AMBI	J
C1	55	6	1,25	4,5	0,407	9,02	22,8	0,443	0,61	4,04	0,58
C2	137	9	1,46	6,0	0,396	8,57	22,1	0,446	0,22	4,36	0,59
C3	102	9	1,10	6,0	0,411	8,67	23,2	0,447	0,36	4,23	0,43
C4	77	8	1,21	5,0	0,381	9,70	22,2	0,447	0,47	4,36	0,53
ASC5	79	10	1,29	6,5	0,443	8,81	23,4	0,469	0,45	4,10	0,48

5.3.4.2 NS 9410 Vurdering av bunndyrsamfunnet på C1 og C3 ved anlegget.

I følge NS 9410 kan klassifisering av miljøtilstanden i anleggssonen også baseres på antallet arter vurdert mot dominansforhold i bunndyrsamfunnet (se kap. 8.6.2 i NS 9410:2016).

Bløtbunnsamfunnene på stasjon C1 og C3 ble klassifisert til miljøtilstand 2 "God". Kriteriet for karakterisering til miljøtilstand 2 er tilstedeværelse av 5 – 19 arter og minst 20 individer, hvorav ingen skal utgjøre mer enn 90 % av individene (Tabell 14). Data for antall arter og dominerende taksa på anleggssonestasjonen er hentet fra Tabell 13 og Tabell 15.

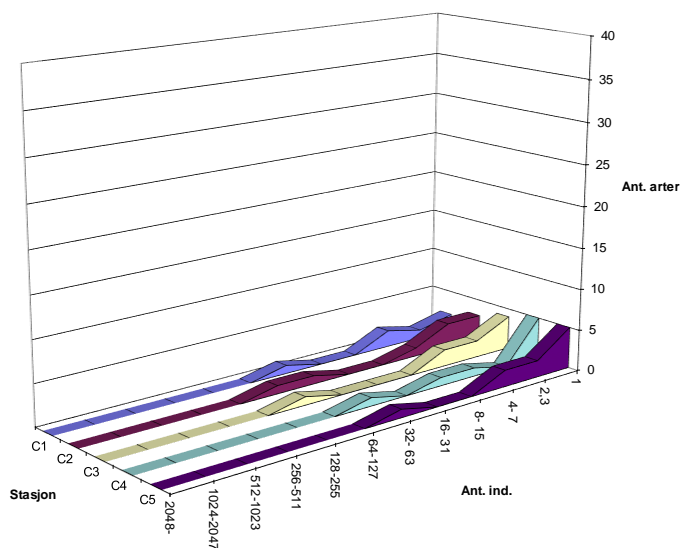
Tabell 14. Klassifisering av miljøtilstand i bløtbunnsamfunnet på C1 og C3 ved lokaliteten Steinanes, 2017.

Stasjon	Lokalitet	Ant. arter	Dominerende taksa	Miljøtilstand-NS 9410
C1	Steinanes	6	Prionospio steenstrupi - 75 %	2 - God
C3	Steinanes	9	Prionospio steenstrupi – 79 %	2 - God

5.3.4.3 Geometriske klasser

Figur 5 viser antall arter plottet mot antall individer, der antallet individer er delt inn i geometriske klasser. Det vises til Vedlegg 3 for en forklaring av begrepet geometriske klasser.

Alle kurvene startet lavt og strakk seg ikke særlig langt ut mot høyere klasser.

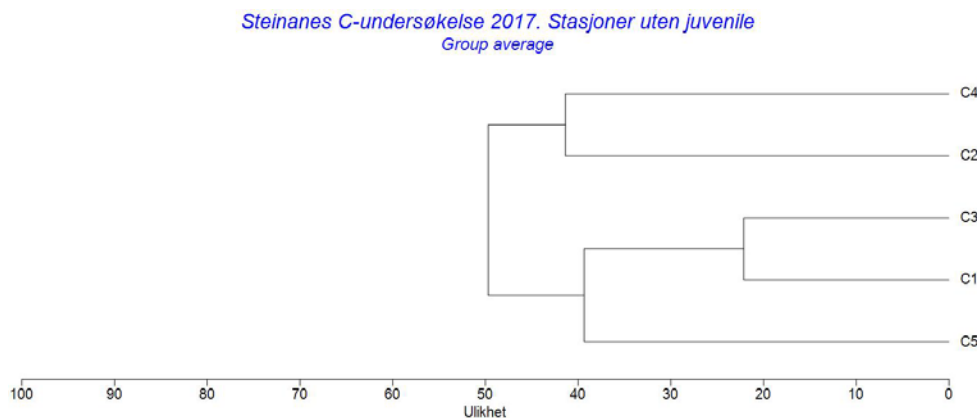


Figur 5. Bløtbunnfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser. Steinanes, 2017.

5.3.4.4 Clusteranalyse

For å undersøke likheten i faunasammensetning mellom stasjonene ble den multivariate teknikken clusteranalyse benyttet. Resultatene fra denne er presentert i dendrogram i Figur 6.

Stasjonene ble skilt i to hovedgrupper med omtrent 50 % likhet i faunasammensetningen mellom gruppene. I den ene gruppen var stasjonene C1 og C3 78 % lik hverandre og C5 (ASC5) 60 % lik disse to. I den andre gruppen var stasjonene C2 og C4 59 % lik hverandre.



Figur 6. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnfaunaen. C-stasjoner Steinanes, 2017.

5.3.4.5 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en topp ti artsliste fra hver stasjon i Tabell 15.

Børstemarken *Prionospio steenstrupi* var mest dominant på alle stasjonene med mellom 58 og 79 % av individene på stasjonene. Det ble ikke registrert kjente forurensningsindikatorer på noen av stasjonene.

Tabell 15. Antall individer og kumulativ prosent for de ti mest dominerende artene på C-stasjonene. Steinanes, 2017.

C1	Ant.	Kum.	C2	Ant.	Kum.
Prionospio steenstrupi	41	75 %	Prionospio steenstrupi	80	58 %
Chaetozone sp.	5	84 %	Chaetozone sp.	43	90 %
Yoldia hyperborea	4	91 %	Heteromastus filiformis	5	93 %
Thyasira sarsii	3	96 %	Lumbrineris cingulata	2	95 %
Melinna cristata	1	98 %	Melinna cristata	2	96 %
Ophelina acuminata	1	100 %	Yoldia hyperborea	2	98 %
			Ampharetidae indet.	1	99 %
			Cossura longocirrata	1	99 %
			Nuculana pernula	1	100 %
C3	Ant.	Kum.	C4	Ant.	Kum.
Prionospio steenstrupi	81	79 %	Prionospio steenstrupi	53	69 %
Chaetozone sp.	7	85 %	Cossura longocirrata	13	86 %
Ophelina acuminata	4	89 %	Chaetozone sp.	6	94 %
Cossura longocirrata	3	92 %	Ampharete sp.	1	95 %
Yoldia hyperborea	3	95 %	Chone sp.	1	96 %
Crustacea indet. juv.	1	96 %	Crangonidae indet.	1	97 %
Eteone flava/longa	1	97 %	Heteromastus filiformis	1	99 %
Melinna cristata	1	98 %	Nuculana pernula	1	100 %
Nephtys sp.	1	99 %			
Thyasira sarsii	1	100 %			
ASC5	Ant.	Kum.			
Prionospio steenstrupi	61	77 %			
Chaetozone sp.	5	84 %			
Nephtys sp.	4	89 %			
Melinna cristata	2	91 %			
Thyasira sarsii	2	94 %			
Ampharete sp.	1	95 %			
Eteone flava/longa	1	96 %			
Gammaridea indet.	1	97 %			
Nuculana pernula	1	99 %			
Scoletoma sp.	1	100 %			

5.4 Sammenfattende vurderinger – C-undersøkelse

5.4.1 Sammenfatning

Resultatene fra miljøovervåkingen (type C) ved Steinanes i juni 2017, kan sammenholdes som følger:

- Det ble ikke registrert oksygenkrisiske forhold i noen deler av vannsøylen.
- Nivåene av TOM varierte mellom 11,4 (ASC5) og 13,4 % (C3), TOC mellom 17,9 og 32,0 mg/g TS og normalisert TOC mellom 23,7 og 34,5. TN-nivåene var lave og det samme var C/N-forholdene på stasjonene. Sedimentene var moderat til meget finkornet med pelittandeler mellom 67,6 og 89,8 %. Nivået av kobber var 50,1 mg/kg TS på stasjon C4. Eh-verdiene var negative i sediment på alle stasjonene.
- Antall individ varierte fra 55 (C1) til 137 (C2) og antall arter fra 6 (C1) til 10 (ASC5). Diversitetsindeksen H' var lav og under 1,5 på alle stasjonene. Også forventet antall arter/100 individ var lavt på stasjonene.

5.4.2 Konklusjon

Oksygenforholdene var gode i hele vannsøylen ved lokaliteten Steinanes i juni 2017. Sammenlignet med norske forhold var verdiene av normalisert TOC noe høyt selv om sedimentene er forholdsvis finkornet. Det samme gjelder nivået av kobber i sedimentet. Eh-målingene i sedimentene viste negative verdier på alle stasjonene. Faunaen på stasjonene var arts- og individfattig og hadde meget lav diversitet ($H' < 1,5$). Det ble ikke registrert noen kjente forurensningsindikatorer, f. eks. børstemarken *Capitella capitata*, blant de mest dominante artene på noen av stasjonene.

En annen ting det er verdt å merke seg, er at det ikke ble registrert forekomst av pigghuder (Echinodermata), så som sjøstjerner og slangestjerner, i noen av prøvene. Dette er en dyregruppe som er meget vanlig i det marine miljø.

Ettersom det ikke har vært produksjon ved denne lokaliteten forut for-undersøkelsen, og det ikke er kjent til eventuelle andre, menneskeskapte påvirkningskilder eller utslipp i området, antas det at disse resultatene gjengir naturtilstanden i sedimentene ved lokaliteten. Det kan av den grunn virke som at de internasjonale ASC-kravene ikke er tilpasset de naturlige forholdene ved Island, som sannsynligvis er påvirket av den geologiske historien til øyen. Det ble observert forekomst av lavaklumper i prøvene, noe som dokumenterer at sedimentforholdene er påvirket av den vulkanske aktiviteten som er, eller har vært, på Island.

I en rapport fra 1999 (Egilsson *et al.*, 1999) sammenlignes nivåer av bl. a. kobber fra kysten av Island, vestkysten av Norge og Waddensjøen utenfor Nederland. Nivåene av kobber er oppgitt som hhv. 55, 17 og 22 mg/kg TS, men uten nærmere opplysninger om kornstørrelsen i sedimentet. Det er kjent at de naturlige bakgrunnsnivåene av tungmetaller i stor grad er korrelert med andelen av pelitt (som er sum av fraksjonene silt og leire) i sedimentene. Jo finere sediment jo høyere bakgrunnsnivåer av bl.a. kobber finnes i sedimentet. Dette kan kanskje indikere at oppgitt grenseverdi i ASC-standarden ikke egner seg for sedimentforholdene ved Island. Det samme kan sies om faunaforhold og innhold av organisk materiale i sedimentene og de krav som ASC-standarden og NS:9410 setter til de analysene.

Det anbefales derfor at naturtilstanden i miljøet ved kysten av Island blir kartlagt og at det blir utviklet standarder som tilpasses disse forholdene.

6 Referanser

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Standard. Version 1.0 June 2012.

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Audit Manual Version 1.0.

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Training Manual Final. Version 1.0 – 14 February 2013.

Aure, J., Dahl, E., Green, N., Magnusson, J., Moy, F., Pedersen, A., Rygg, B. og Walday, M., 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking. *Rapport 510/93*.

Direktoratgruppen, 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2013. 263 s.

Egilson, D, Ólafsdóttir E. D., Yngvadóttir E., Halldórsdóttir H., Sigurðsson F.H., Jónsson G.S., Jensson H., Gunnarsson K., Þráinsson S.A., Stefánsson A., Indriðason H.D., Hjartarson H., Torlaciús J., Ólafsdóttir K., Gíslason S.R. og Svavarsson J. (1999). Mælingar á mengandi efnum á og við Ísland. Niðurstöður vöktunarmælinga. Starfshópur um mengunarmælingar. Mars 1999, 138 s.

Eriksen S.D. & S. Gunnarsson, 2016 Lokalitetsrapport Steinnanes APN rapport nr 8453.02

ISO 5667-19:2004. Guidance on sampling of marine sediments.

ISO 16665:2014. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.

NS 9410, 2016. Norsk standard for miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg.

Rygg, B. & K. Norling, 2013. Norwegian Sensitive Index (NSI) for marine macro invertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVA report SNO 6475-2013. 48 p.

Pers. medd. Þóra Dögg Jörundsdóttir, Quality Manager Hatchery & Farms, Arnarlax hf

7 Vedlegg

Vedlegg 1. Metodebeskrivelser og klassifiseringssystemer brukt i Norge

Hydrografi og oksygen

I henhold til NS 9410 ble det gjennomført hydrografiske registreringer for vertikalprofilen med hensyn til saltholdighet, temperatur, tetthet og oksygenmetning fra overflate til bunn på den dypeste stasjonen. Målingene ble gjennomført ved hjelp av en Sensordata CTDO 202 sonde.

Geokjemiske analyser

Feltinnsamlinger

Prøvene ble hentet med en 0,1 m² grabb (van Veen). Prøvematerialet ble tatt ut gjennom inspeksjonsluker etter at sedimentoverflaten var godkjent. Prøver for TOC, TOM, TN og Cu ble tatt av fra øverste 1 cm av sedimentet, og for kornfordelingsanalyser fra de øverste 5 cm ved hjelp av rør. Kun prøver med uforstyrret overflate ble godkjent og prøvematerialet ble frosset for videre bearbeidelse i laboratorium.

Total organisk materiale (TOM)

Mengden av TOM i sediment ble bestemt ved vekttap etter forbrenning ved 495 °C. Vekttapet i prosent etter forbrenning ble beregnet. Reproduerbarheten av TOM-analysene er sjekket i opparbeidingsperioden ved å bruke et husstandsediment som inneholder TOM med kjent nivå. Standard kalsiumkarbonat ble brent sammen med prøvene som kontroll på at karbonat ikke ble forbrent i prosessen

Total nitrogen (TN) - Kjeldahl nitrogenbestemmelse

Sedimentene blir mineralisert ved 420 °C med svovelsyre og bruk av katalysatorer. Natriumhydroksid tilsettes i overskudd for å mineralisere prøvene. Deretter destilleres prøven og kondensatet går inn i en løsning med svovelsyre. Innholdet av organisk bundet nitrogen og ammoniakk/ammonium i prøven kvantifiseres spektrofotometrisk vha. en metode basert på reaksjonen mellom ammoniumioner, natriumsalicylat og trinatriumcitrat

Totalt organisk karbon (TOC) og kornfordeling

Andelen finstoff, dvs. fraksjonen mindre enn 63 µm, ble bestemt gravimetrisk etter våtsikting av prøvene. Resultatene er angitt som andel finstoff på tørrvektbasis.

Etter tørking ble innhold av totalt organisk karbon (TOC) bestemt ved IR deteksjon (LECO IR 212) etter behandling med konsentrert saltsyre (HCl) og katalytisk forbrenning ved 480 °C. For å kunne klassifisere miljøtilstanden basert på innhold av TOC, er de målte konsentrasjonene normalisert for andel finstoff (NTOC) ved bruk av ligningen: $NTOC = TOC + 18(1 - F)$, hvor TOC og F står for henholdsvis målt TOC verdi og andel finstoff (%) i prøven (Aure *m.fl.*, 1993).

Klassifisering av miljøtilstanden for sedimentene er basert på normalisert TOC, og ble gjennomført i henhold til SFT (nå Miljødirektoratet) veiledning 97:03 (Molvær *m.fl.*, 1997).

Tilstandsklassifisering for organisk innhold i marine sediment (fra SFT 97:03).

nTOC, mg/g	< 20 I Meget god	20 - 27 II God	27 - 34 III Mindre god	34 - 41 IV Dårlig	> 41 V Meget dårlig
------------	---------------------	-------------------	---------------------------	----------------------	------------------------

Kobber (Cu)

Prøven for metallanalyse ble frysetørket før den ble oppsluttet i mikrobølgeovn i lukket teflonbeholder med konsentrert ultraren salpetersyre og hydrogenperoksid. Konsentrasjonene av kobber (Cu) ble bestemt ved hjelp av ICP-SFMS.

Klassifisering av miljøtilstanden med hensyn til Cu ble gjennomført i henhold til Miljødirektoratets veileder M-608/2016.

Tilstandsklassifisering for kobber i marine sedimenter (grenseverdier fra M-608/2016).

Cu mg/kg	< 20 Klasse I	20 - 84 Klasse II	20 - 84 Klasse III	84 - 147 Klasse IV	> 147 Klasse V
----------	------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------

Redoks- og pH målinger

Arnarlax. ASC- og C-undersøkelse Steinanes, 2017.
Akvaplan-niva AS Rapport nr. 8951.01

Det ble utført en kvantitativ kjemisk undersøkelse av sedimentet. Surhetsgrad (pH) og redokspotensial (Eh) ble målt ved hjelp av elektroder og instrumentet YSI Professional Plus.

Bunndyr

Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale (fôrrester/fekalier) fra marine oppdrettsanlegg kan bidra til forringede livsvilkår for mange av de bunnlevende organismene. Negative effekter i bunndyrssamfunnet kan best vurderes gjennom kvantitative bunndyrsanalyser. Fordi de fleste bløtbunnartene er lite mobile, vil faunasammensetningen i stor grad gjenspeile de stedsegnete miljøforholdene. Endringer i bunndyrssamfunnene er god indikasjon på uønskede belastninger. Under naturlige forhold består samfunnene av mange arter. Høyt artsmangfold (diversitet) er blant annet betinget av gunstige forhold for faunaen. Likevel kan eksempelvis moderate økninger i organisk belastning stimulere faunaen og eventuelt øke artsmangfoldet noe. Større belastning gir dårligere forhold der opportunistiske arter øker sine individtall, mens ømfintlige slås ut. Dette betyr redusert artsmangfold. Endringer i artsmangfold under og ved oppdrettsmerder kan i stor grad knyttes til endringer av organisk innhold (fôr og fekalier) i sedimentet.

Innsamling og fiksering

Alle bunndyrprøvene ble tatt med en 0,1 m² van Veen grabb. Kun grabbskudd hvor grabben var fullstendig lukket og overflaten uforstyrret ble godkjent. Etter godkjenning ble innholdet vasket i en 1 mm sikt og gjenværende materiale fiksert med 4 % formalin tilsatt fargestoffet bengalrosa og nøytralisert med boraks. På laboratoriet ble dyrene sortert ut fra gjenværende sediment.

Kvantitative bunndyrsanalyser

På alle stasjonene innsamles det to prøver (replikater) iht. retningslinjene i NS 9410 (2007) og ASC standarden. Sortert materiale ble opparbeidet kvantitativt. Bunndyrene ble identifisert til fortrinnsvis artsnivå eller annet hensiktsmessig taksonomisk nivå og kvantifisert av spesialister (taksonomer). De kvantitative artslistene inngikk i statistiske analyser. Se Vedlegg 2 for beskrivelse av analysemetoder. For å klassifisere miljøtilstanden er Direktoratgruppens veileder 02:2013 benyttet. Følgende statistiske metoder ble benyttet for å beskrive samfunnenes struktur og for å vurdere likheten mellom ulike samfunn:

- Shannon-Wiener diversitetsindeks (H')
- Hurlberts diversitetsindeks (ES₁₀₀) - forventet antall arter pr. 100 individer
- Pielou's jevnhetsindeks (J)
- Ømfintlighetsindeks (ISI₂₀₁₂), uegnet ved lavt individ/artstall
- Indeks for individtetthet (DI), benyttes ved lavt individ/artstall
- Sensitivitetsindeks (NSI)
- S sammensatt indeks for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1)
- Ømfintlighetsindeks som inngår i NQI1 (AMBI)
- Normalisert EQR (nEQR)
- Antall arter plottet mot antall individer i geometriske artsklasser
- Clusteranalyser
- De ti mest dominerende taksa pr. stasjon (topp-10)

Indeksene er beregnet som snitt av to replikater.

Økologisk tilstandsklassifisering basert på observert verdi av indeks (fra Veileder 02:2013).

Indeks	I Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
NQI1	0,9 - 0,82	0,82 - 0,63	0,63 - 0,49	0,49 - 0,31	0,31 - 0
H'	5,7 - 4,8	4,8 - 3,0	3,0 - 1,9	1,9 - 0,9	0,9 - 0
ES ₁₀₀	50 - 34	34 - 17	17 - 10	10 - 5	5 - 0
ISI ₂₀₁₂	13 - 9,6	9,6 - 7,5	7,5 - 6,2	6,1 - 4,5	4,5 - 0
NSI	31 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
DI	0 - 0,30	0,30 - 0,44	0,44 - 0,60	0,60 - 0,85	0,85 - 2,05
nEQR	1,0 - 0,8	0,8 - 0,6	0,6 - 0,4	0,4 - 0,2	0,2 - 0,0

Bunndyrsamfunnet i anleggssonen ble også vurdert i henhold til NS 9410 klassifisering av miljøtilstand, basert på antallet arter og dominansforhold (C-undersøkelsen). I tillegg ble det gjort en vurdering av hvorvidt bunndyrsamfunnene på anleggssonestasjonen oppfylte følgende krav fra ASC-standarden (ASC-undersøkelsen):

"2 highly abundant taxa that are not pollution indicator species"*

**Highly abundant: Greater than 100 organisms per square meter (or equally high to reference site (S) if abundance is lower than this level)*

Referanser

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Standard. Version 1.0 June 2012.

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Audit Manual Version 1.0.

Aquaculture Stewardship Council. ASC Salmon Training Manual Final. Version 1.0 – 14 February 2013.

Aure, J., Dahl, E., Green, N., Magnusson, J., Moy, F., Pedersen, A., Rygg, B. og Walday, M., 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking. *Rapport 510/93*.

Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., og Hylland, K., 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT veiledning TA-2229/2007. 12 s.

Direktoratgruppen, 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2013. 263 s.

ISO 5667-19, 2004. Guidance on sampling of marine sediments.

ISO 16665, 2005. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macro fauna.

Miljødirektoratet, 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. M-608/2016. 24 s.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensningstilsyn. Veiledning 97:03. 36 sider.

NS 9410, 2016. Norsk standard for miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg.

Vedlegg 2. Prosedyre for beregning av AZE

I ASC-undersøkelser skal det fastlegges AZE (Allowable Zone of Effect) rundt oppdrettsanlegg som danner utgangspunkt for valg av prøvestasjonsnett. I standarden, som ble laget for skotske forhold, står det at den skal være 30 meter fra merdkanten. På grunn av store dyp og sterk strøm blir dette ikke riktig avstand for norske forhold.

ASC-standarder tillater at en fastlegger en lokalitetsavhengig AZE (site specific AZE). Det er laget en intern AZE kalkulator til formålet for Akvaplan-niva.

Beregning av "site specific" AZE:

På grunn av påvirkning fra strøm og vind og lange fortøyningslinjer er oppdrettsanlegg på svai. En må derfor regne med at fôrpartikler og fiskeavføring vil havne på bunnen i det området der anlegget befinner seg på svai. En AZE må inkludere dette område. Svaien legges til 20 % av dybde, f.eks. for et anlegg med størst dybde på 100 m legges det inn en mulig svai på 20 m i hver retning. Tallet er tidligere brukt av Fiskeridirektoratet ved kontroll av anleggets koordinater. Det stemmer også overens med oppgitt strekk (inntil 10 %) og elasticitet fra fortøyningslinjer.

Videre vil enhver lokalitet ha et eget påvirkningsmønster fra fôrpartikler og fiskeavføring som havner på bunnen, ofte kalt lokalitetens fotavtrykk, som bestemmes av dybde, partiklenes synkehastighet og lokalitetens strømforhold. Forventet utstrekning (L) av påvirkningsområdet kan beregnes ved å dele dybde (D) med synkehastighet (V_f) og gange med gjennomsnittlig strømhastighet (V_s) på spredningsstrøm. Synkehastighet er satt til 7,5 cm/s utfra Bannister et al (2016) sin vitenskapelige artikkel der resultatet fra forsøkene var at mellom 60 og 80 % av all feces synker med en hastighet mellom 5 og 10 cm/s.

$L = (V_s) * D / (V_f)$ eksempel 100 m dybde, 7,5 cm/s synkehastighet og 6 cm/s gjennomsnittlig spredningsstrøm

$L = 6 \text{ cm/s} * 10000 \text{ cm} / 7,5 \text{ cm/s} = 80 \text{ m}$.

Med svai på 20% av 100 m = 20 m blir

AZE da $L + \text{svai} = 80 \text{ m} + 20 \text{ m} = 100 \text{ m}$

D og (V_s) hentes fra lokalitetsrapport.

Referanse:

Bannister, R. J., Johnsen, I. A., Hansen, P. K., Kutti, T., & Asplin, L. Near- and far-field dispersal modelling of organic waste from Atlantic salmon aquaculture in fjord systems. – ICES Journal of Marine Science, doi: 10.1093/icesjms/fsw027

Vedlegg 3. Bunndyrstatistikk og artslister

Diversitetsmål

Diversitet er et begrep som uttrykker mangfoldet i dyre- og plantesamfunnet på en lokalitet. Det finnes en rekke ulike mål for diversitet. Noen tar mest hensyn til artsrikheten (mål for artsrikheten), andre legger mer vekt på individfordelingen mellom artene (mål for jevnhet og dominans). Ulike mål uttrykker derved forskjellige sider ved dyresamfunnet. Diversitetsmål er "klassiske" i forurensningsundersøkelser fordi miljøforstyrrelser typisk påvirker samfunnets sammensetning. Svakheten ved diversitetsmålene er at de ikke alltid fanger opp endringer i samfunnsstrukturen. Dersom en art blir erstattet med like mange individer av en ny art, vil ikke det gjøre noe utslag på diversitetsindeksene.

Shannon-Wieners indeks (Shannon & Weaver, 1949) er gitt ved formelen:

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

der n_i = antall individer av art i i prøven
 N = total antall individer
 s = antall arter

Indeksen tar hensyn både til antall arter og mengdefordelingen mellom artene, men det synes som indeksten er mest følsom for individfordelingen. En lav verdi indikerer et artsfattig samfunn og/eller et samfunn som er dominert av en eller få arter. En høy verdi indikerer et artsrikt samfunn.

Pielous mål for jevnhet (Pielou, 1966)

har følgende formel, der symbolene er som i Shannon-Wieners indeks

$$J = \frac{H'}{\log_2 s}$$

Hurlberts diversitetskurver

Grafisk kan diversiteten uttrykkes i form av antall arter som funksjon av antall individer. Med utgangspunkt i total antall arter og individer i en prøve søker man å beregne hvor mange arter man ville vente å finne i delprøver med færre individer. Diversitetsmålet blir derved uavhengig av prøvestørrelsen og gjør at lokaliteter med ulik individtetthet kan sammenlignes direkte. Hurlbert (1971) har gitt en metode for å beregne slike diversitetskurver basert på sannsynlighetsberegning.

ES_n er forventet antall arter i en delprøve på n tilfeldig valgte individer fra en prøve som inneholder total N individer og s arter og har følgende formel:

$$ES_n = \sum_{i=1}^s \left[1 - \frac{\binom{N-N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

der N = total antall individ i prøven
 N_i = antall individ av art i
 n = antall individ i en gitt delprøve (av de N)
 s = total antall arter i prøven

Plott av antall arter i forhold til antall individer

Artene deles inn i grupper/klasser etter hvor mange individer som er registrert i en prøve. Det vanlige er å sette klasse I = 1 individ pr. art, klasse II = 2-3 individer, klasse III = 4-7 individer, klasse IV = 8-15 individer, osv., slik at de nedre klassegrensene danner en følge av ledd på formen 2^x , $x=0,1,2, \dots$. En slik følge kalles en geometrisk følge, derfor kalles klassene for geometriske klasser. Hvis antall arter innenfor hver klasse plottes mot klasseverdien på en lineær skala, vil det fremkomme en kurve som uttrykker individfordelingen mellom artene i samfunnet. Det har vist seg at i prøver fra upåvirkede samfunn vil det være mange arter med lavt individantall og få arter med høyt individantall, slik at vi får en entoppet, asymmetrisk kurve med lang "hale" mot høye klasseverdier. Denne kurven vil være godt tilpasset en log-normal fordelingskurve.

Ved moderat forurensing forsvinner en del av de individfattige artene, mens noen som blir begunstiget, øker i antall. Slik flater kurven ut, og strekker seg mot høyere klasser eller den får ekstra topper. Under slike forhold mister kurven enhver likhet med den statistiske log-normalfordelingen. Derfor kan avvik fra log-normalfordelingen tolkes som et resultat av en påvirkning/forurensing. Det har vist seg at denne metoden tidlig gir utslag ved miljøforstyrrelse. Ved sterk forurensning blir det bare noen få, men ofte svært tallrike arter tilbake. Log-

normalfordelingskurven vil da ofte gjenoppstå, men med en lavere topp og spredt over flere klasser enn for uforstyrrede samfunn.

Faunaens fordelingsmønster

Variasjoner i faunaens fordelingsmønster over området beskrives ved å sammenligne tettheten av artene på hver stasjon. Til dette brukes multivariate klassifikasjons- og ordinasjons-analyser (Cluster og MDS).

Analysene i denne undersøkelsen ble utført ved hjelp av programpakken PRIMER v5. Inngangsdata er individantall pr. art, pr. prøve. Prøvene kan være replikater eller stasjoner. Det tas ikke hensyn til hvilke arter som opptrer. Forut for klassifikasjons- og ordinasjonsanalysene ble artslistene dobbelt kvadratrots-transformert. Dette ble gjort for å redusere avviket mellom høye og lave tetthetsverdier og dermed redusere eventuelle effekter av tallmessig dominans hos noen få arter i datasettet.

Clusteranalyse

Analysen undersøker faunalikheten mellom prøver. For å sammenligne to prøver ble Bray-Curtis ulikhetsindeks benyttet (Bray & Curtis, 1957):

$$d_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n |X_{ki} - X_{kj}|}{\sum_{k=1}^n (X_{ki} + X_{kj})}$$

der n = antall arter sammenlignet
 X_{ki} = antall individ av art k i prøve nr. i
 X_{kj} = antall individ av art k i prøve nr. j

Indeksen avtar med økende likhet. Vi får verdien 1 hvis prøvene er helt ulike, dvs. ikke har noen felles arter. Identiske arts- og individtall vil gi verdien 0. Prøver blir gruppert sammen etter graden av likhet ved å bruke "group-average linkage". Forholdsvis like prøver danner en gruppe (cluster). Resultatet presenteres i et tredigram (dendrogram).

Ømfintlighet (AMBI, ISI og NSI)

Ømfintligheten bestemmes ved indeksene ISI og AMBI. Beregning av ISI er beskrevet av Rygg (2002). Sensitivitetsindeksen AMBI (Azti Marin Biotic Index) tilordner en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante arter, EG-IV: opportunistiske arter, EG-V: forurensningsindikerende arter. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av en forurensningspåvirkning.

NSI er en sensitivitetsindeks som ligner AMBI, men er utviklet med basis i norske faunadata og ved bruk av en objektiv statistisk metode. En prøves NSI verdi beregnes ved gjennomsnittet av sensitivitetsverdiene av alle individene i prøven.

Sammensatte indekser (NQI1 og NQI2)

Sammensatte indekser NQI1 og NQI2 bestemmes både ut fra artsmangfold og ømfintlighet. NQI1 er brukt i NEAGIG (den nordøst-atlantiske interkalibreringen). De fleste land bruker nå sammensatte indekser av samme type som NQI1 og NQI2.

NQI1 indeksen er beskrevet ved hjelp av formelen:

$$\text{NQI1 (Norwegian quality status, version 1)} = [0.5 * (1 - \text{AMBI}/7) + 0.5 * (\text{SN}/2.7) * (N/(N+5))]$$

Diversitetsindeksen $\text{SN} = \ln S / \ln(\ln N)$, hvor S er antall arter og N er antall individer i prøven

Referanser:

- Bray, R.T. & J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27:325-349.
- Hurlbert, S.N., 1971. The non-concept of the species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology* 52:577-586.
- Pielou, E. C., 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology* 10, 370-383.
- Rygg, B., 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine water of Norway. *NIVA report SNO 4548-2002*. 32 p.
- Shannon, C.E. & W. Weaver, 1949. The Mathematical Theory of Communication. *Univ Illinois Press*, Urbana 117 s.

Statistikk resultater Steinanes, 2017:

Antall arter og individer per stasjon

st.nr.	tot.	C1	C2	C3	C4	C5
no. ind.	450	55	137	102	77	79
no. spe.	18	6	9	9	8	10

Bunndyrindekser per replikat

st.nr.	tot.	C1_01	C1_02	C2_01	C2_02	C3_01	C3_02	C4_01	C4_02	C5_01	C5_02
no. ind.	450	25	30	80	57	36	66	34	43	39	40
no. spe.	18	4	5	8	4	4	8	3	7	7	6
Shannon-Wiener:		1,1	1,3	1,8	1,2	0,8	1,4	0,7	1,7	1,3	1,2
Pielou		0,57	0,58	0,58	0,59	0,40	0,47	0,45	0,61	0,48	0,48
ES100		4	5	8	4	4	8	3	7	7	6
SN		1,19	1,31	1,41	0,99	1,09	1,45	0,87	1,47	1,50	1,37
ISI-2012		9,75	8,29	8,44	8,70	9,75	7,60	10,63	8,76	8,63	8,98
AMBI		4,08	4	4,219	4,5	4,208	4,25	4,5	4,221	4,184	4,013
NQI1		0,39	0,42	0,44	0,35	0,38	0,45	0,32	0,44	0,45	0,44
NSI		23,2	22,4	21,8	22,4	23,6	22,9	23,4	21,0	23,3	23,4
DI		0,652	0,573	0,147	0,294	0,494	0,230	0,519	0,417	0,459	0,448

Bunndyrindekser, gjennomsnitt per stasjon

st.nr.	St 1	St 2	St 3	St 4	St 5
Shannon-Wiener:	1,25	1,46	1,10	1,21	1,29
Pielou	0,58	0,59	0,43	0,53	0,48
ES100	4,5	6,0	6,0	5,0	6,5
SN	1,25	1,20	1,27	1,17	1,44
ISI-2012	9,02	8,57	8,67	9,70	8,81
AMBI	4,040	4,360	4,229	4,361	4,099
NQI1	0,41	0,40	0,41	0,38	0,44
NSI	22,82	22,06	23,24	22,19	23,38
DI	0,61	0,22	0,36	0,47	0,45
Tilstandsklasse nEQR ^{*)}	0,443	0,446	0,447	0,447	0,469

*) Tilstandsklassen nEQR er beregnet uten DI

Geometriske klasser

int.	C1	C2	C3	C4	C5
1	2	3	4	5	5
2,3	1	3	2	0	2
4-7	2	1	2	1	2
8-15	0	0	0	1	0
16-31	0	0	0	0	0
32-63	1	1	0	1	1
64-127	0	1	1	0	0
128-255	0	0	0	0	0
256-511	0	0	0	0	0
512-1023	0	0	0	0	0

Artliste

Steinanes Forund. 2017

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
Stasjonsnr.: C1						
PORIFERA						
			Porifera indet.		-1	-1
ANNELIDA	Polychaeta					
		Spionida	Prionospio steenstrupi	19	22	41
			Chaetozone sp.	3	2	5
		Opheliida	Ophelina acuminata		1	1
		Terebellida	Melinna cristata	1		1
CRUSTACEA	Copepoda					
		Calanoida	Calanoida indet.		1	1
	Malacostraca					
		Mysidacea	Mysidacea indet.	1		1
		Euphausiacea	Euphausiacea indet.		1	1
MOLLUSCA	Bivalvia					
		Nuculoida	Yoldia hyperborea	2	2	4
		Veneroida	Thyasira sarsii		3	3
CHAETOGNATA						
			Chaetognatha indet.	1	1	2
			Maks:	19	22	41
			Antall:	6	9	11
			Sum:			59

Stasjonsnr.: C2

ANNELIDA						
	Polychaeta					
		Cossurida	Cossura longocirrata	1		1
		Spionida	Prionospio steenstrupi	42	38	80
			Chaetozone sp.	27	16	43
		Capitellida	Heteromastus filiformis	3	2	5
		Eunicida	Lumbrineris cingulata	2		2
		Terebellida	Melinna cristata	2		2
			Ampharetidae indet.		1	1
CRUSTACEA	Malacostraca					
		Mysidacea	Mysidacea indet.	1		1
		Euphausiacea	Euphausiacea indet.	2		2
MOLLUSCA	Bivalvia					
		Nuculoida	Nuculana pernula	1		1
			Yoldia hyperborea	2		2

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>	
				Maks:	42	38	80
				Antall:	10	4	11
				Sum:			140
Stasjonsnr.: C3							
ANNELIDA							
	Polychaeta						
		Cossurida					
			Cossura longocirrata		3		3
		Spionida					
			Prionospio steenstrupi	31	50		81
			Chaetozone sp.	2	5		7
		Opheliida					
			Ophelina acuminata		4		4
		Phyllodocida					
			Eteone flava/longa		1		1
			Nephtys sp.		1		1
		Terebellida					
			Melinna cristata	1			1
CRUSTACEA							
			Crustacea indet. juv.		1		1
MOLLUSCA							
	Bivalvia						
		Nuculoida					
			Yoldia hyperborea	2	1		3
		Veneroida					
			Thyasira sarsii		1		1
CHAETOGNATA							
			Chaetognatha indet.	1			1
				Maks:	31	50	81
				Antall:	5	9	11
				Sum:			104
Stasjonsnr.: C4							
ANNELIDA							
	Polychaeta						
		Cossurida					
			Cossura longocirrata		13		13
		Spionida					
			Prionospio steenstrupi	29	24		53
			Chaetozone sp.	4	2		6
		Capitellida					
			Heteromastus filiformis		1		1
		Terebellida					
			Ampharete sp.	1			1
		Sabellida					
			Chone sp.		1		1
CRUSTACEA							
	Malacostraca						
		Euphausiacea					
			Euphausiacea indet.	3			3
		Decapoda					
			Crangonidae indet.		1		1
MOLLUSCA							
	Bivalvia						
		Nuculoida					
			Nuculana pernula		1		1
				Maks:	29	24	53
				Antall:	4	7	9
				Sum:			80
Stasjonsnr.: C5							
ANNELIDA							

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
	Polychaeta					
		Spionida				
			Prionospio steenstrupi	30	31	61
			Chaetozone sp.	3	2	5
		Phyllodocida				
			Eteone flava/longa		1	1
			Nephtys sp.		4	4
		Eunicida				
			Scoletoma sp.	1		1
		Terebellida				
			Ampharete sp.	1		1
			Melinna cristata	2		2
CRUSTACEA						
	Malacostraca					
		Amphipoda				
			Gammaridea indet.	1		1
MOLLUSCA						
	Bivalvia					
		Nuculoida				
			Nuculana pernula		1	1
		Veneroida				
			Thyasira sarsii	1	1	2
			Maks:	30	31	61
			Antall:	7	6	10
			Sum:			79
				TOTAL:		Maks: 81
						Sum: 462

Vedlegg 4. Analyserapport – Geokjemiske analyser

Analyserapport C-und_111017

Redigert av: LTO
Godkjent: _____



Framsenteret
Postboks 6606 Langnes, 9296 Tromsø
Foretaksnr.: NO 937 375 158 MVA
Tel: 77 75 03 00
e-post: kjemi@akvaplan.niva.no

ANALYSERAPPORT Sedimentprøver

Kunde:	Akvaplan niva	Dato:	19.10.2017
Kunde referanse:	ASC/C undersøkelse Steinanes		
Kontaktperson:	Steinar D Eriksen		
Adresse:	Framsenteret		
Postnr./sted:	9007 Tromsø		
Tel:			
E-post:	steinar.eriksen@akvaplan.niva.no		

Rapport nr.:	8951		
Analyseparameter(e):	Korn, TOM, TOC, TN, Cu		
Kontaktperson:	Ida Giæver Tveter		
Analyseansvarlig:	<i>Ida Giæver Tveter</i>	(sign.)	
Underskriftsberettiget:	<i>Ida Tveter</i>	(sign.)	

Prøvene ble sendt/levert til Akvaplan-Niva AS av oppdragsgiver, og merket som angitt i tabellen på side 2.
Resultater av analysene er gitt fra side 3.

MERKNADER:

Prøve angitt som Curef2 (8951/7) er identisk til C2 ASCref2 (8951/2)

Analysene gjelder bare for de prøver som er testet. De oppgitte analyseresultat omfatter ikke feil som måtte følge av prøvetagningen, inhomogenitet eller andre forhold som kan ha påvirket prøven før den ble mottatt av laboratoriet. Rapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. En eventuell klage skal leveres laboratoriet senest en måned etter mottak av analyseresultat. Nærmere informasjon om analysemetodene (målesikkerhet, metodeprinsipp etc.) fås ved henvendelse til Akvaplan-Niva AS

Side 1 av 4

Lab-id.	Kundens id.	Materiale	Beskaffenhet ved mottak	Mottatt lab	Parametere	Analyse-periode
8951/1	C1/ASC1	Sediment	Frossent	04.09.2017	Korn, TOM, TOC, TN	06.09.17-02.10.17
8951/2	C2/ASCref2	Sediment	Frossent	04.09.2017	Korn, TOM, TOC, TN, 2 x Cu	06.09.17-02.10.17
8951/3	C3-ASC3	Sediment	Frossent	04.09.2017	Korn, TOM, TOC, TN	06.09.17-02.10.17
8951/4	C4-ASC4	Sediment	Frossent	04.09.2017	Korn, TOM, TOC, TN, 2 x Cu	06.09.17-02.10.17
8951/5	ASC5	Sediment	Frossent	04.09.2017	Korn, TOM, TOC, TN, 2 x Cu	06.09.17-02.10.17
8951/6	Curef1	Sediment	Frossent	04.09.2017	2 x Cu	06.09. - 13.09.2017
8951/7	Curef2 = C2/ASCref2	Sediment	Frossent	04.09.2017	2 x Cu	06.09. - 13.09.2017

Følgende analysemetoder er benyttet

Parameter	Metoderreferanse
Kornfordeling (splitt i to)	Sikting, basert på Bale, A.J. & Kenny, A.J. 2005. Sediment analysis and seabed characterisation . In: Eleftheriou, A; McIntyre, A.D. "Methods for the study of marine benthos", 3rd ed. Blackwell Science, Oxford, UK. ISBN 0-632-05488-3, pp. 43-86
Totalt organisk materiale-TOM	Intern metode basert på NS 4764:1980
Totalt organisk karbon-TOC	NDIR-deteksjon. Intern metode basert på NS-EN 15936:2012, Annex C.
Kobber-Cu (utført av underlev.)	EPA 200.7, ISO 11885, EPA 6010 og SM 3120

Resultater

Kundens id.:		C1/ASC1	C2/ASCref2	C3-ASC3	C4-ASC4	ASC5
Parameter	Enhet	8951/1	8951/2	8951/3	8951/4	8951/5
> 0,063 mm	vekt %	10.2	32.4	10.7	18.6	30.1
Pelitt (< 0,063 mm)	vekt %	89.8	67.6	89.3	81.4	69.9
TOC	mg/g TS	29.6	17.9	32.0	30.2	29.1
TOC, normalisert**	mg/g TS	31.5	23.7	33.9	33.5	34.5
TOM	% TS	12.3	11.5	13.4	13.1	11.4
Total-N **	mg/g TS	4.75	2.19	5.37	4.77	4.91
C/N **		6.2	8.2	5.9	6.3	5.9
Cu *	mg/kg TS		46.8		50.1	51.9
Parameter	Enhet		8951/2-2		8951/4-2	8951/5-2
Cu *	mg/kg TS		47.0		49.9	49.4

* Analysen er utført av ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia

Akkreditering: Czech Accreditation Institute, labnr. 1163

** Uakkreditert analyse eller beregning utført av Akvaplan-niva AS

TOC, normalisert = $m\ddot{a}lt\ TOC\ mg/g + 18*(1-F)$, der $F=andel\ finstoff\ (pellitt)\ gitt\ ved\ \%pellitt/100$.

Resultater forts.

Kundens id.:		Curef1	Curef2 = C2/ASCref2
Parameter	Enhet	8951/6	8951/7
> 0,063 mm	vekt %		
Pelitt (< 0,063 mm)	vekt %		
TOC	mg/g TS		
TOC, normalisert**	mg/g TS		
TOM	% TS		
Total-N **	mg/g TS		
C/N **			
Cu *	mg/kg TS	51.5	46.8
Parameter	Enhet	8951/6-2	8951/7-2
Cu *	mg/kg TS	51.8	47.0

Side 4 av 4